(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

УДК: 669.3.056:628.4.046.516 10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.17

НАУЧНО-ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ КРУПНОЙ ПЫЛИ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ РАСТВОРЕНИИ СУЛЬФИДНОГО МЕДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ В ШЕЙН В ПЕЧИ ВАНЬЮКОВА

Мамарахимов Сафарали Камолидинович
Старший преподаватель, Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Алмалык, Узбекистан

Илёсова Зулфия Илхом кизи
Студентка, Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Алмалык, Узбекистан

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы переработки крупной пыли, образующейся при плавке сульфидных медных концентратов в печи Ванюкова. Приводятся данные о химическом составе пыли, богатой ценными компонентами — медью, цинком, свинцом, золотом и серебром. Для повышения эффективности извлечения использован комплексный гидро- и пирометаллургический подход, включающий стадии выщелачивания, фильтрации, цементации и электролиза. Предлагаемая технология обеспечивает ресурсосбережение, снижение техногенных выбросов и повышение экологической безопасности металлургического производства.*

Ключевые слова: *печь Ванюкова; медный концентрат; переработка пыли; гидрометаллургия; пирометаллургия; цветные металлы; экологическая безопасность.*

VANYUKOV PECHIDA SULFIDLI MIS BOYITMASINI SHEYNGA ERITIRISHDA HOSIL BO‘LADIGAN YIRIK CHANGLARGA ISHLOV BERISHGA ILMIY-FUNDAMENTAL YONDASHUV

Mamaraximov Safarali Kamolidinovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali katta o‘qituvchisi, Olmaliq, O‘zbekiston

Ilyosova Zulfiya Ilhom qizi
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali talabasi, Olmaliq, O‘zbekiston

Annotatsiya. *Maqolada Vanyukov pechida sulfidli mis boyitmasini eritish jarayonida hosil bo‘ladigan changlarni qayta ishlash masalalari yoritilgan. Changning tarkibi mis, rux, qo‘rg‘oshin, oltin, kumush kabi qimmatbaho komponentlarga boyligi tufayli uni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotlarda gidrometallurgik va pirometallurgik usullar kompleks qo‘llanilib, og‘ir rangli va nodir metallarni yuqori darajada ajratib olishga erishildi. Taklif etilgan texnologiya ishlab chiqarishda resurslarni tejash, chiqindilarni kamaytirish va ekologik xavfsizlikni oshirishga qaratilgan.*

Kalit so‘zlar: *Vanyukov pechi; mis boyitmasi; changlarni qayta ishlash; gidrometallurgiya; pirometallurgiya; qimmatbaho metallar; ekologik xavfsizlik.*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

SCIENTIFIC AND FUNDAMENTAL APPROACH TO PROCESSING COARSE DUST FORMED BY DISSOLUTION OF SULFIDE COPPER ENRICHMENT IN SHEIN IN THE VANYUKOV FURNACE

Mamarakhimov Safarali Kamolidinovich
Senior Lecturer of the Almalyk Branch of the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Almalyk, Uzbekistan

Ilyasova Zulfiya Ilkhom kizi
Student of the Almalyk branch of the Islam Karimov Tashkent State Technical University, Almalyk, Uzbekistan

Abstract. *The article addresses the processing of coarse dust formed during the smelting of sulfide copper concentrates in the Vanyukov furnace. The dust composition is rich in valuable components such as copper, zinc, lead, gold, and silver, making it a promising secondary raw material. A combined hydrometallurgical and pyrometallurgical approach was applied, including leaching, filtration, cementation, and electrolysis stages, which enabled the efficient recovery of non-ferrous and precious metals. The proposed technology ensures resource conservation, reduction of industrial waste, and improved environmental safety in metallurgical production.*
Keywords: *Vanyukov furnace; copper concentrate; dust processing; hydrometallurgy; pyrometallurgy; non-ferrous metals; environmental safety*

Введение. На фоне интенсивного развития современной промышленности внедрение экологически безопасных и экономически эффективных технологий в металлургической отрасли стало актуальной задачей. В Республике Узбекистан активно продолжаются работы по модернизации горно-металлургической отрасли, освоению новых месторождений, наращиванию объемов производства. В частности, создание медного кластера, освоение таких крупных месторождений, как «Ёшлик I» и «Ёшлик II», строительство новых металлургических комплексов — все это, наряду с этим, приводит к увеличению техногенных отходов, в частности пыли [1].

АО «Алмалыкский ГМК» является ведущим предприятием цветной металлургии Узбекистана. Медный штейн получают с помощью крупных печей Ванюкова, работающих в медеплавильном цехе комбината. В ходе технологического процесса выделяется большое количество пыли, которая улавливается электрофильтрами. Сегодня большая часть этой пыли возвращается в производство. Однако этот метод недостаточно эффективен, особенно с экологической и технологической точки зрения [2].

Материалы. Пылеобразование в печи Ванюкова Печь Ванюкова представляет собой крупную металлургическую установку, которая растворяет сульфидное сырье в среде кислорода в жидкой ванне. В зависимости от состава подаваемой в нее шихты, ее теплового состояния и режима плавки количество пыли, выделяемой из печи, составляет 5-15 тонн в сутки. Эта пыль улавливается электрофильтрами, а ее состав следующий:

Pb: 15-45% • Zn: 10-12% • Ag: 50-150 г/т • Au: 1,2-1,5 г/т • Cu, Fe, As и другие компоненты.

Как видно из этого состава, пыль является не только отходом, но и ресурсом, богатым ценными компонентами [3].

Методология исследования. На медеплавильном заводе АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» при плавке медного концентрата сера в концентрате рассеивается в виде пылегазового потока, а пыль в его составе улавливается в циклонах и электрофильтрах; крупнозернистая пыль составляет 85% от общего объема пыли, мелкозернистая – 15%.

Пыль металлургических печей, в которых образуется большое количество отходящих газов, содержит высокую концентрацию нелетучих металлов (медь, свинец, никель, железо, благородные), которые в основном представляют собой частицы перерабатываемой шихты или получаемых продуктов (лежачих, шлаковых).

На медеплавильном заводе АО

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

«Алмалыкский горно-металлургический комбинат» имеется несколько плавильных печей, предназначенных для плавки медного концентрата, и именно в печи Ваникова в процессе плавки в жидкой ванне образуется крупная пыль.

Объектом исследования являются ультрадисперсные пылевые частицы из состава технологических газов, образующихся в процессе плавки медного штейна на медеплавильном заводе АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», улавливаемые в электрофильтрах [4].

Таблица 1.

Химический состав техногенных отходов, ppm

Analyzed result

Page 1/3

Sample Information

Sample name	9
File name	9
Application	umumiy analiz
Date	08-apr-25 20:01
Analyzed by	M.S.K.
Counts	1
Comment	

Meas. cond.

Diaphragm	DE-10mm	Atmosphere	Air	Sample spin	None	Meas. order optimization	Yes

Condition name	Primary filter	Tube voltage(kV)	Tube current(μA)	ST(μsec)	Meas. time(sec)	Dead time(%)
High-Z	F	60.0	200	1.6	100	10.7
Mid-Z	C	35.0	116	1.6	100	37.3
Low-Z	Open	6.5	458	1.6	100	37.4

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ	Element line	Intensity(cps/μA)
1	Na	ND	mass%					
2	Mg	ND	mass%					
3	Al	0.955	mass%	0.0300	0.0737	0.221	L:Al-Kα	0.13802
4	Si	0.873	mass%	0.0112	0.0215	0.0644	L:Si-Kα	0.54064
5	P	ND	mass%	0.0024	0.0072	0.0215	L:P-Kα	0.00000
6	S	5.00	mass%	0.0139	0.0363	0.109	L:S-Kα	25.69651
7	Cl	ND	mass%	0.0022	0.0067	0.0202	L:Cl-Kα	0.00001
8	K	2.63	mass%	0.0718	0.115	0.345	M:K-Kα	0.29529
9	Ca	1.20	mass%	0.0406	0.0784	0.235	M:Ca-Kα	0.23187
10	Ti	ND	mass%					
11	V	ND	mass%					
12	Cr	ND	mass%					
13	Mn	0.108	mass%	0.0042	0.0081	0.0243	M:Mn-Kα	0.19429
14	Fe	13.2	mass%	0.0271	0.0059	0.0177	M:Fe-Kα	37.96741
15	Ni	0.0721	mass%	0.0019	0.0036	0.0108	M:Ni-Kα	0.38403
16	Cu	8.03	mass%	0.0143	0.0068	0.0203	M:Cu-Kα	54.05383
17	Zn	10.4	mass%	0.0136	0.0032	0.0096	M:Zn-Kα	98.03444
18	As	2.15	mass%	0.0173	0.0494	0.148	M:As-Kα	28.31076
19	Br	0.0247	mass%	0.0013	0.0037	0.0111	M:Br-Kα	0.38778
20	Rb	(0.0077)	mass%	0.0013	0.0041	0.0123	M:Rb-Kα	0.10727
21	Sr	0.0118	mass%	0.0009	0.0025	0.0076	M:Sr-Kα	0.17928
22	Y	0.0886	mass%	0.0028	0.0078	0.0233	M:Y-Kα	1.52123
23	Zr	0.149	mass%	0.0025	0.0030	0.0090	H:Zr-Kα	0.28742
24	Mo	1.64	mass%	0.0079	0.0023	0.0070	H:Mo-Kα	3.46448
25	Ru	ND	mass%					
26	Rh	ND	mass%					
27	Pd	ND	mass%					
28	Ag	0.0187	mass%	0.0011	0.0022	0.0066	H:Ag-Kα	0.05657
29	Cd	0.599	mass%	0.0043	0.0021	0.0063	H:Cd-Kα	1.86021
30	Sn	0.164	mass%	0.0024	0.0027	0.0081	H:Sn-Kα	0.52994
31	Sb	2.10	mass%	0.0080	0.0032	0.0097	H:Sb-Kα	6.61653
32	Ba	0.0125	mass%	0.0014	0.0037	0.0110	H:Ba-Kα	0.02457
33	La	ND	mass%					
34	Ce	ND	mass%					
35	Pr	ND	mass%					
36	Nd	ND	mass%					
37	W	ND	mass%					
38	Ir	1.16	mass%	0.0136	0.0406	0.122	M:Ir-Lα	4.32109
39	Pt	ND	mass%	0.0085	0.0263	0.0790	M:Pt-Lα	0.00000
40	Au	0.121	mass%	0.0074	0.0209	0.0626	M:Au-Lα	0.56162
41	Hg	ND	mass%					

NEX DE Rigaku

Крупная пыль, образующаяся в медеплавильном производстве АО «Алмалыкский ГМК», по минералогическому составу мало отличается от исходной шихты и поэтому надежно возвращается в процесс плавки: в крупной пыли преобладают сложные сульфидные формы основных минералов. При этом потери пыли в дымовую трубу составляют 5-7% от пыли. На 2-й ступени очистки пылегазового потока оставшаяся пыль улавливается с помощью электрофильтров. Это мелкая пыль, которая по минералогическим и химическим характеристикам отличается от исходной шихты: основные компоненты в этой пыли находятся в водо и кислоторастворимых оксидно-сульфатных формах, которые длительное время не перерабатываются и складируются.

Analyzed result

Page 2/3

Sample Information

Sample name	9
File name	9
Application	umumiy analiz
Date	08-apr-25 20:01
Analyzed by	M.S.K.
Counts	1
Comment	

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ	Element line	Intensity(cps/μA)
42	Pb	46.6	mass%	0.0423	0.0370	0.111	M:Pb-Lα	281.29256
43	Th	1.16	mass%	0.0436	0.0693	0.208	M:Th-Mα	0.34009
44	U	ND	mass%					
45	Co	0.0495	mass%	0.0045	0.0134	0.0402	M:Co-Kα	0.21094
46	Ga	ND	mass%	0.0045	0.0144	0.0433	M:Ga-Kα	0.00001
47	Ge	ND	mass%					
48	Se	ND	mass%	0.0017	0.0056	0.0168	M:Se-Kα	0.00001
49	Nb	ND	mass%					
50	In	0.0176	mass%	0.0011	0.0026	0.0078	H:In-Kα	0.05504
51	Te	0.147	mass%	0.0023	0.0024	0.0073	H:Te-Kα	0.45988
52	I	ND	mass%	0.0011	0.0036	0.0108	H:I-Kα	0.00000
53	Cs	ND	mass%	0.0015	0.0048	0.0143	H:Cs-Kα	0.00000
54	Sm	ND	mass%					
55	Dy	ND	mass%	0.0098	0.0291	0.0874	H:Dy-Kα	0.00219
56	Hf	ND	mass%					
57	Ta	0.414	mass%	0.0271	0.0774	0.232	M:Ta-Lα	1.15119
58	Tl	ND	mass%					
59	Bi	ND	mass%					
60	Sc	0.329	mass%	0.0208	0.0486	0.146	M:Sc-Kα	0.10369
61	Tc	ND	mass%					
62	Re	ND	mass%	0.0352	0.104	0.312	M:Re-Lα	0.19225
63	Os	ND	mass%	0.0121	0.0350	0.105	M:Os-Lα	0.00000
64	Po	ND	mass%					
65	At	ND	mass%					
66	Lu	ND	mass%					
67	Yb	ND	mass%					
68	Tm	0.166	mass%	0.0134	0.0370	0.111	M:Tm-Lα	0.28075
69	Er	ND	mass%	0.0121	0.0377	0.113	M:Er-Lα	0.00000
70	Ho	ND	mass%					
71	Tb	ND	mass%	0.0070	0.0208	0.0624	H:Tb-Kα	0.00000
72	Gd	ND	mass%					
73	Eu	ND	mass%					
74	Pm	ND	mass%					
75	Pa	ND	mass%	0.0264	0.0661	0.198	M:Pa-Mα	0.03202
76	Ac	ND	mass%					
77	Ra	0.241	mass%	0.0498	0.0793	0.238	M:Ra-Mα	0.05367
78	Fr	ND	mass%					

Analyzed result

Page 3/3

Sample Information

Sample name	9
File name	9
Application	umumiy analiz
Date	08-apr-24 20:01
Analyzed by	M.S.K.
Counts	1
Comment	

Spectrum

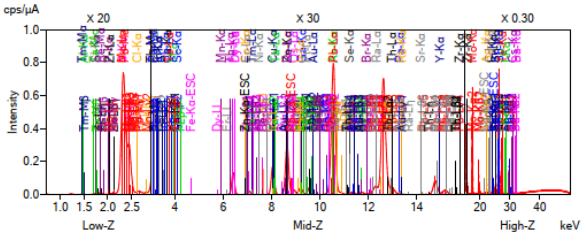

Рис.1. Результаты рентгенофлуоресцентного (XRF) спектрального анализа образца №9.

Результаты и обсуждение. В основу работы положено изучение методов селективной плавки тяжелых цветных металлов из состава исходного продукта, процессов

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

конденсации-отстоя раствора, фильтрации осадка, переработки меди из раствора различными методами осаждения. Исходя из этого в работе использованы современные физико-механические, химические и физико-химические методы исследования (рентгенофазовый анализ, атомно-эмиссионный анализ, масс-спектральный анализ, электронная микроскопия).

Проведенные эксперименты показывают, что при плавке летучих пылей в мини-штейне медь и цинк растворяются в серной кислоте, а благородные металлы не растворяются и остаются в кеке при фильтрации.

Предлагаемое технологическое решение Предлагаемое технологическое решение предусматривает переработку пыли в несколько стадий:

1. I стадия выщелачивания - сульфаты металлов в пыли переходят в раствор;
2. Пресс-фильтр - происходит разделение твердой и жидкой фаз;
3. II стадия кислотного выщелачивания - добавляются металлы меди и цинка, растворенные в H_2SO_4 (серной кислоте) и окислитель O_3, и нерастворимый металл переходит в 95% раствор;
4. Пресс-фильтр - разделяются твердая и жидкая фазы;
5. Цементация - растворы двухстадийной плавки собираются и обрабатываются цинковым порошком, а медь осаждается в металлической форме, затем цинк отделяется от раствора сульфата цинка электролитическим методом;
6. Кек $PbSO_4$ переводится в хлорированную форму - вторая стадия - селективное растворение отвального кека HCl;
7. Пирометаллургическая переработка остаточного кека $PbCl_2$ для извлечения свинца - извлекаются золото, серебро, рений.

Такой технологический подход позволяет обеспечить ресурсосбережение, максимальное разделение ценных компонентов, экологическую безопасность и повысить эффективность производства.

Заключение. При переходе на комплексный гидрометаллургическо-пирометаллургический подход вместо малоэффективной технологии переработки пыли, образующейся при плавке сульфидных медных концентратов в печи Ванюкова, возможно извлечение меди, свинца, цинка, золота, серебра, рения и других металлов с высокой степенью извлечения. Предлагаемый технологический процесс важен, поскольку обеспечивает энерго- и ресурсосбережение, снижает загрязнение окружающей среды и повышает эффективность производства. В конечном итоге, глубокий анализ и извлечение редких металлов из техногенных растворов представляет собой перспективную возможность для повышения уровня использования вторичных сырьевых источников, перехода к безотходным технологиям и повышения экологической безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abduraxmonov, S., Mamaraximov, S., Xaydaraliyev, X., & Shaxobov, T. (2022). Olmaliq sharoitida konvertor changlarini qayta ishlashning zamonaviy usuli. Science and Education, 3(4), 315–319.
2. Bekmaxamatovich, K. S., Kamolidinovich, M. S., Abdijalilo‘g‘li, S. S., & Uralbayo‘g‘li, R. I. (2024). Mis ishlab chiqarish sanoati va unda hosil bo‘luvchi texnogen chiqindi manbalar va ularning tarkibidan metallar ajratib olish imkoniyatlari. Sanoatda raqamli texnologiyalar / Цифровые технологии в промышленности, 2(1), 20–25.
3. Абдурахмонов, С., Темур, Ш., Мамарахимов, С., & Каршибоев, Ш. (2022). Эксперименты для получения цветных металлов из конвертерной пыли. Involta Scientific Journal, 1(5), 226–232.
4. Khojiev, S. T. (2025). Processing of copper slag using waste tires. Metallurgist, 68(8), 1–10.